



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 198 24 504 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
A 61 N 2/04

21 Aktenzeichen: 198 24 504.1
22 Anmeldetag: 2. 6. 98
43 Offenlegungstag: 9. 12. 99

DE 198 24 504 A 1

71 Anmelder:
Struppler, Albrecht, Prof. Dr., 82340 Feldafing, DE;
Havel, Peter, Dipl.-Ing., 93354 Biburg, DE

74 Vertreter:
Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg,
Dost, Altenburg, Geissler, Isenbruck, 81679
München

72 Erfinder:
gleich Anmelder

56 Entgegenhaltungen:
DE 27 07 574 A1
WO 96 16 692 A1
G.H. Mills et al.: "Unilateral magnetic stimulation
of the phrenic nerve", in: Thorax 50, No.11, 1995,
S. 1162-1172;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur Stimulation eines Körperteils

57 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Stimulation eines Körperteils. Die Vorrichtung weist dabei mindestens auf, mindestens zwei Spulen S_i mit mindestens einer Stromversorgung zur Erzeugung von Magnetfeldern an Innervationszonen des Körperteils, insbesondere an Endaufzweigungen motorischer Nervenfasern oder peripherer Nerven, und eine Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i auf. Die Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i weist dabei mindestens einen Stromimpulsgenerator zur Abgabe von Stromimpulsen $I(S_i)$ mit Impulsfrequenzen $f(I(S_i))$ und Impulsdauern $d(I(S_i))$ durch die mindestens eine Stromversorgung für die Spulen S_i auf. Die Abgabe der Stromimpulse $I(S_i)$ erfolgt dabei derart, daß Muskeln des Körperteils koordiniert kontrahiert oder dekontrahiert werden, so daß sich eine koordinierte zusammengesetzte Bewegung des Körperteils ergibt.

DE 198 24 504 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Stimulation eines Körperteils und ein Verfahren zur Stimulation eines Körperteils mit Hilfe einer externen Stimulationsvorrichtung.

Die Behandlung von zentralbedingten Lähmungen gehört in der medizinischen Forschung zu einem der zentralen Problemfelder. Zentrale Lähmungen können aufgrund von Hirnschädigungen oder Rückenmarksverletzungen entstehen. Sie sind häufig Folge von Schlaganfällen, von angeborenen Hirnschäden, von Hirntumoren oder von äußeren Verletzungen. Zentrale Lähmungen sind oftmals mit schmerzhaften spastischen Muskelverkrampfungen verbunden. Sie sind derzeit weder operativ noch medikamentös ausreichend beherrschbar.

Zentrale Lähmungen können derzeit lediglich durch konventionelle Krankengymnastik oder durch Aktivierung von Nerven oder Muskeln des gelähmten Körperteils durch elektrische Reize behandelt werden. Dazu werden Elektroden auf oder unter der Haut des gelähmten Körperteils angebracht, so daß ein elektrisches Feld im Bereich der zu aktivierenden Nerven oder Muskeln des gelähmten Körperteils erzeugt wird. Dies kann nur zu einer begrenzten Reaktivierung der Muskeln führen. Eine dauerhafte Rehabilitation und damit Heilung der Lähmung kann damit jedoch nicht erreicht werden. Bei dieser Behandlung treten außerdem häufig erhebliche Schmerzen auf.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens und einer Vorrichtung zur Behandlung von zentralen Lähmungen derart, daß ein dauerhafter Rehabilitationseffekt herbeigeführt wird.

Erfindungsgemäß wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Stimulation eines gelähmten Körperteils zur Verfügung gestellt, mit deren Hilfe eine glatte und schmerzfreie zusammengesetzte und koordinierte Bewegung des betreffenden Körperteils hervorgerufen werden kann. Der durch die Lähmung bedingte Ausfall der propriozeptiven Affenzen soll soweit wie möglich ersetzt werden, um durch eine Neuromodulation die plastischen Fähigkeiten des Zentralnervensystems so früh wie möglich anzuregen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Stimulation eines Körperteils weist mindestens folgende Elemente auf: Mindestens zwei Spulen S_i mit mindestens einer Stromversorgung zur Erzeugung von Magnetfeldern an Inervationszonen des Körperteils, besonders bevorzugt an Endaufzweigungen motorischer Nervenfasern und peripherer Nerven, und eine Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der Stromversorgung(en) für die Spulen. Dabei verfügt die Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der Stromversorgung(en) für die Spulen mindestens über einen Stromimpulsgenerator zur Abgabe von Stromimpulsen $I(S_i)$ mit Impulsfrequenzen $f(I(S_i))$ und Impulsdauern $d(I(S_i))$ durch die Stromversorgung(en) an die Spulen S_i , wobei die Abgabe der Stromimpulse derart erfolgt, daß Muskeln des Körperteils koordiniert kontrahiert oder dekontrahiert werden, so daß sich eine koordinierte zusammengesetzte Bewegung des Körperteils ergibt. Diese Bewegung läuft schmerzfrei ab, da durch eine magnetische Stimulation fast ausschließlich markhaltige, schnellleitende Nervenfasern aktiviert werden, während marklose bzw. markarme Nervenfasern, wie zum Beispiel schmerzleitende Nervenfasern, nicht aktiviert werden.

Vorzugsweise ist das Stimulationsmuster der Regelung nach dem normalphysiologischen Aktivierungsmuster optimiert. Es werden hierbei ermüdungsabhängige Faktoren berücksichtigt, und es findet eine Anpassung an neuronale Erregbarkeiten statt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung erlaubt somit die Er-

zeugung von genau definierten Bewegungen des zentral gelähmten Körperteils. Diese Bewegungen sind regelmäßig aus mehreren Teilbewegungen zusammengesetzt und natürlichen Bewegungen des Patienten möglichst naturgetreu nachempfunden, zum Beispiel Greifbewegungen oder Gehbewegungen. Durch eine repetitive magnetische Stimulation werden hauptsächlich propriozeptive Affenzen sowohl adäquat während der induzierenden Bewegungen als auch durch direkte Aktivierung von afferenten Nervenfasern ausgelöst. Eine regelmäßige Wiederholung stimulierter Bewegungen kann im Zentralen Nervensystem einen Lerneffekt bewirken, der schließlich dazu führt, daß der Patient mit dem gelähmten Körperteil die stimulierten Bewegungen wieder selbständig ausführen kann. Ausgehend von diesem teilrehabilitierten Zustand kann der Patient dann auch andere Bewegungen wieder erlernen.

Dieses Verfahren kann grundsätzlich zur Behandlung beliebiger zentral gelähmter Körperteile eingesetzt werden. Es ist technisch nicht auf den Menschen beschränkt, sondern kann auch bei Tieren, etwa Rennpferden, mit lokalen Lähmungserscheinungen eingesetzt werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann zwei oder mehrere Spulen S_i aufweisen. Vorzugsweise verwendet man drei, vier oder fünf Spulen zur Stimulation des gelähmten Körperteils. Für einfache Bewegungen kann auch eine einzelne Spule verwendet werden. Die Spulen müssen derart beschaffen sein, daß sie über Inervationszonen des gelähmten Körperteils so positioniert werden können, daß dort ein magnetisches Feld entsteht, wenn ein Stromimpuls $I(S_i)$ die Spule S_i durchläuft.

Jede Spule S_i verfügt vorzugsweise über eine Stromversorgung, die die zur Erzeugung von Magnetfeldern notwendigen Stromimpulse $I(S_i)$ erzeugt. Es kann aber auch eine gemeinsame Stromversorgung verwendet werden. Diese Stromversorgungen werden von einem Stromimpulsgenerator gesteuert, der Zeitpunkt, Frequenz, Dauer und Intensität der Stromimpulse $I(S_i)$ vorgibt.

Der Stromimpulsgenerator generiert die Stromimpulse nach vorgegebenen Mustern, die jeweils bestimmten zusammengesetzten, nämlich den physiologischen Bewegungsabläufen des betreffenden Körperteils entsprechen. Dabei kann eine Vielzahl von Mustern in einem Speichermedium aufbewahrt werden, auf das der Stromimpulsgenerator jederzeit zugreifen und das er modifizieren kann.

Die Intensität der Stromimpulse $I(S_i)$ bestimmt die Feldstärke des jeweils erzeugten Magnetfeldes. Die Feldstärke des angewandten Magnetfeldes muß eine bestimmte Schwelle überschreiten, damit eine Bewegung ausgelöst wird. Diese Schwelle kann mit dem betroffenen Körperteil und mit dem Patienten variieren.

Dauer und Frequenz der Stromimpulse beeinflussen in erheblichem Umfang die Ausführung der induzierten Bewegung, das heißt ihre Rundheit oder Eckigkeit. Aber auch im therapeutischen Bereich haben Dauer und Frequenz der Stromimpulse einen großen Einfluß. Vorzugsweise liegt die Impulsfrequenz $f(I(S_i))$ in einem Bereich von 10 Hz bis 30 Hz, besonders bevorzugt in einem Bereich von 15 Hz bis 25 Hz. Diese Frequenzen liegen im physiologischen Bereich. Ein Stromimpuls entspricht hierbei vorzugsweise einem Ausschnitt einer Sinusschwingung. Die Sinusschwingung hat dabei vorzugsweise eine Periodendauer in einem Bereich von $1,19 \cdot 10^{-4}$ s bis $3,77 \cdot 10^{-4}$ s, besonders bevorzugt in einem Bereich von $1,19 \cdot 10^{-4}$ s bis $2,15 \cdot 10^{-4}$ s. Der Ausschnitt erstreckt sich vorzugsweise von 0 bis zu einem Wert in einem Bereich von 0 bis 2π , besonders bevorzugt bis zu einem Wert von $k \cdot \pi/4$, wobei k 1, 2, 3, oder 4 ist. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Sinusschwingung bei einem Wert in dem Bereich von 0 bis $\pi/4$

abgebrochen, so daß sich ein hoher Wert für $dI(S_i)/dt$ ergibt, was eine verbesserte Stimulationswirkung mit sich bringt.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der Stromversorgung(en) für die Spulen S_i mindestens einen Sensor zur Erfassung der momentanen Position des Körperteils auf, um dadurch die Stromversorgung(en) für die Spulen entsprechend steuern bzw. regeln zu können. Vorzugsweise verwendet man hier einen oder mehrere, eventuell auch eine Kombination der folgenden Sensoren: einen Positionsschalter, vorzugsweise einen 3-Punkt-Schalter, ein Winkelpotentiometer, ein Ultraschallmeßsystem oder eine Infrarotkamera. Bei Verwendung von Winkelmesspotentiometern wählt man vorzugsweise eine Anordnung aus drei Potentiometern, deren Winkelsignale aufaddiert werden. Die einzelnen Potentiometer müssen dadurch nicht exakt an die Gelenkachse angepaßt werden. Bei einem Ultraschallmeßsystem werden Ultraschallsender auf geeigneten Stellen des betreffenden Körperteils befestigt. Die Signale dieser Sender werden von einem ortsfesten Empfänger hinsichtlich ihrer Position erfaßt. Verwendet man Infrarotkameras, so wird durch an geeigneten Stellen des entsprechenden Körperteils befestigte Infrarot-LED aus dem Abbild zweier Kameras die Position zurückgerechnet.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung wird die Vorrichtung speziell an einen bestimmten Patienten angepaßt, so daß die Vorrichtung auch in einem "Feed-Forward"-Modus ohne jegliche Sensoren verwendet werden kann.

Vorzugsweise enthält die Vorrichtung zur Steuerung und Regelung der Stromversorgung(en) für die Spulen eine Regelungseinheit, die auf ein Signal reagiert, das mindestens einen Zustandsparameter für mindestens einen Muskel des Körperteils repräsentiert. Der Zustand eines Muskels setzt sich zusammen aus der mechanischen Ausdehnung (elastische und dämpfende Aspekte) und aus der inervatorischen, kontraktiven Muskelaktivierung. Vorzugsweise wird dieses Signal aus einem Elektromyogramm gewonnen, das an dem mindestens einen Muskel des Körperteils gemessen wird. Die Elektromyographie stellt eine Methode zur Registrierung von Aktionsströmen im Muskelgewebe und von Muskelaktionspotentialen dar. Ein aufgenommenes Elektromyogramm kann somit Auskunft über spontane oder willensgesteuerte Aktionspotentiale geben, durch die die stimulierte Bewegung des betreffenden Muskels unterstützt wird. Es können damit sowohl das Maß der Lähmung und der bereit erhaltenen Rehabilitation als auch die Ermüdung des Muskels bestimmt werden. Auch der Einfluß der Unterstützung der induzierten Bewegungen durch den Patienten infolge eigener Willensanstrengungen kann mit Hilfe dieses Verfahrens quantitativ oder qualitativ abgeschätzt werden. Diese Informationen ermöglichen eine Anpassung der Stromimpulse $I(S_i)$, das heißt von deren Intensität, Frequenz und Dauer, an die konkrete Behandlungssituation des Patienten. Damit kann die Rehabilitation individualisiert und intensiviert werden.

Die Regelung der Behandlung kann prinzipiell in beliebigen Zeitabständen erfolgen, beispielsweise etwa nach jeweils mehreren Sekunden, was ein ständiges Monitoring der Situation bedeuten würde, oder auch nach jeweils mehreren Tagen oder Wochen, was einer Grobkontrolle der Rehabilitationsschritte gleichkommen würde.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der Stromversorgung(en) für die Spulen S_i mindestens einen Sensor zur Erfassung von auf das entsprechende Körperteil wirkenden Kräften auf, um damit eine angepaßte Steuerung bzw. Regelung der Stromversorgung(en) für die Spulen zu

ermöglichen. Vorzugsweise handelt es sich bei diesem Sensor um einen druckabhängigen Widerstand. Dazu führt man beispielsweise eine piezoelektrische Kapazitätsmessung aus, oder man verwendet Dehnungsmeßstreifen.

Vorzugsweise ist in der Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der Stromversorgung(en) für die Spulen ein Lernalgorithmus integriert. Während einer Stimulation werden hier Stimulationsauswirkung und Effekt beobachtet, analysiert und in einer Speichereinheit aufgenommen. Dadurch läßt sich der Stimulationseffekt in darauffolgenden Zyklen patientenspezifisch optimieren. Alternativ dazu kann die Vorgehensweise auch dergestalt sein, daß die Bewegung zunächst gesteuert ausgeführt wird, nach Beendigung der Bewegung die Ist-Position des Körperteils mit dessen Soll-Position verglichen wird und sodann die Steuerparameter so geändert werden, daß das Ziel bei dem nächsten Stimulationsdurchgang noch besser erreicht wird. Diese Art der "Feed-Forward"-Regelung entspricht eher den physiologischen Gegebenheiten. Realisiert werden kann diese Regelung beispielsweise durch sogenannte Neuro-Controller (neuronale Netze) oder durch eine adaptive Regeleinrichtung. In einer weiteren Nutzungsmöglichkeit für den Lernalgorithmus wird das Stimulationsmuster an die physiologische Signalgebung angepaßt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt

Fig. 1 ein Funktionsschaubild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei das zu stimulierende Körperteil ein menschlicher Arm ist.

Fig. 1 stellt ein Funktionsschaubild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dar. Die hier dargestellte Vorrichtung dient der Stimulation bzw. Neurostimulation eines menschlichen Armes. Die Spulen 1 sind am Arm derart angeordnet, daß sie im stromdurchflossenen Zustand an Inervationszonen eines entsprechenden Muskels bzw. einer entsprechenden Muskelgruppe des Arms Magnetfelder erzeugen können. Die Stromversorgungen 2 für die Spulen 1 werden über einen Stromimpulsgenerator 3 angesteuert. Der Stromimpulsgenerator ist für die Generierung eines entsprechenden Stromimpulsmusters verantwortlich, das nötig ist, um eine Stimulation einzelner Muskeln oder Muskelgruppen zu erzielen, was letztlich Schritt für Schritt zu einer bestimmten ausgewählten Bewegung des Armes führt, z. B. zum Anwinkeln des Armes. Die Stimulation der Muskeln bzw. Muskelgruppen muß dabei so erfolgen, daß die Muskeln bzw. Muskelgruppen koordiniert kontrahiert oder dekontrahiert werden. Zwei Spulen sollen dabei regelmäßig nicht gleichzeitig "betrieben" werden, d. h. mit Strom versorgt werden, um ein ungünstiges Zusammenspiel der entsprechenden Magnetfelder zu verhindern.

Bevor im Stromimpulsgenerator ein Impulsmuster generiert wird, wird dem System über eine Regelungseinheit 5 ein bestimmtes Kommando zugeführt. Dies kann entweder ein externer Befehl zur Durchführung einer speziellen Bewegung oder eine willentliche Aktivierung (Intention) der betreffenden Person für eine bestimmte Bewegung sein. Letztere wird durch ein Elektromyogramm 6 entsprechender Muskeln gemessen. Nach Aufnahme eines Kommandos wird dieses Kommando in einem ersten Schritt durch die Regeleinheit 5 in systemverständliche Einzelbefehle umgesetzt. In einer weiteren nachgeschalteten Regeleinheit 9 werden diese Einzelbefehle in Bewegungsabschnitte mit zugehöriger Bewegungs- und Kraftverlaufstrajektorie für die Bewegung des Armes und der Hand umgesetzt. Eine Bewegungs- und Kraftverlaufstrajektorie setzt sich aus einer Menge von Durchgangspunkten zusammen, wobei sich je-

der Durchgangspunkt aus den Gelenkwinkel- und Fingerkraftvorgaben für Arm und Hand zusammensetzt. Im Stromimpulsgenerator 3 werden durch Vergleich zwischen Soll- und Ist-Position die Stromimpulsmuster generiert, die durch die Stromversorgungen 2 für die Spulen 1 jeweils an diese 5 abgegeben werden müssen, um die entsprechenden Muskeln bzw. Muskelgruppen zu stimulieren. Der Stromimpuls-generator 3 greift zur Generierung des Impulsmusters auf eine in der Vorrichtung integrierte Speichereinheit 10 zu, in der kör- 10 perteil- bzw. patientenspezifische Informationen gespeichert sind. Mit Hilfe dieser Informationen kann somit das Stromimpulsmuster individuell angepaßt und optimiert werden. Während einer Stimulation werden mittels eines Lernalgorithmus 8 Stimulationsauswirkung und Effekt beobachtet und analysiert, um dann für den darauffolgenden Zyklus opti- 15 miert zu werden.

Über Sensoren 4, 7 und 11 werden die Gelenkwinkelpositionen und Kräfte auf Daumen und Zeigefinger erfaßt und rückgemeldet. Die Rückmeldung dient zur Regelung der für den darauffolgenden Bewegungsschritt notwendigen Strom- 20 impulse, die von den Stromversorgungen 2 an die Spulen 1 abgegeben werden sollen. Durch die Messung der Kräfte an Daumen und Zeigefinger wird ein geregeltes Greifen von Objekten bzw. ein kraft geregelter Zusammenschluß von Daumen und Zeigefinger zum Präzisionsgriff ermöglicht. 25

Dieser Zyklus wird so oft durchlaufen, bis die vorgegebene Bewegung vollendet ist, was ebenfalls durch die Sensoren 4 und 7 festgestellt und gemeldet wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Stimulation eines Körperteils, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie mindestens folgende Elemente aufweist:

- a) Mindestens zwei Spulen S_i mit mindestens einer Stromversorgung zur Erzeugung von Magnetfeldern an Inervationszonen des Körperteils, insbesondere an Endaufzweigungen motorischer Nervenfasern oder peripherer Nerven, und
- b) eine Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i die mindestens folgendes Element aufweist: 40
einen Stromimpulsgenerator zur Abgabe von Stromimpulsen $I(S_i)$ mit Impulsfrequenzen $f(I(S_i))$ und Impulsdauern $d(I(S_i))$ durch die mindestens eine Stromversorgung an die Spulen S_i derart, daß Muskeln des Körperteils koordiniert kontrahiert oder dekontrahiert werden, so daß sich eine koordinierte zusammengesetzte Bewegung 50 des Körperteils ergibt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i mindestens einen Sensor zur Erfassung der Position des Körperteils zur Steuerung bzw. Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i aufweist. 55

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i eine Regelungseinheit enthält, die auf ein Signal reagiert, das mindestens einen Zustandsparameter für mindestens einen Muskel des Körperteils repräsentiert. 60

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Signal aus einem an mindestens einem Muskel des Körperteils gemessenen Elektromyogram (EMG) gewonnen wird. 65

gramm (EMG) gewonnen wird.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i mindestens einen Sensor zur Erfassung von auf das Körperteil wirkenden Kräften zur Steuerung bzw. Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Sensor ein druckabhängiger Widerstand ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i einen Lernalgorithmus enthält, der auf der Basis von Informationen über die durchgeführten Bewegungen des Körperteils und über den Zustand des Körperteils die Steuerung oder Regelung der mindestens einen Stromversorgung für die Spulen S_i beeinflusst.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Impulsfrequenz $f(I(S_i))$ im Bereich von 10 Hz bis 30 Hz, vorzugsweise von 15 Hz bis 25 Hz liegt.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Stromimpuls $I(S_i)$ einem Ausschnitt einer Sinusschwingung entspricht.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausschnitt der Sinusschwingung sich von Null bis zu einem Wert in einem Bereich von 0 bis 2π erstreckt, vorzugsweise bis zu einem Wert von $k \cdot \pi/4$, wobei k 1, 2, 3 oder 4 ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sinusschwingung eine Periodendauer in einem Bereich von $1,19 \cdot 10^{-4}$ s bis $3,77 \cdot 10^{-4}$ s, besonders bevorzugt in einem Bereich von $1,19 \cdot 10^{-4}$ s bis $2,15 \cdot 10^{-4}$ s besitzt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

This Page Blank (uspto)

Fig. 1

